

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-18606

(P2002-18606A)

(43) 公開日 平成14年1月22日 (2002.1.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード\* (参考)

B 2 3 B 27/14

B 2 3 B 27/14

A 3 C 0 4 6

B 2 3 C 5/16

B 2 3 C 5/16

4 K 0 2 9

C 2 3 C 14/06

C 2 3 C 14/06

P

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-200206 (P2000-200206)

(22) 出願日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(71) 出願人 000233066

日立ツール株式会社

東京都江東区東陽4丁目1番13号

(72) 発明者 石川 剛史

千葉県成田市新泉13番地の2 日立ツール

株式会社成田工場内

Fターム (参考) 3C046 FF03 FF10 FF13 FF16 FF19

4K029 BA41 BA58 BB02 BB07 BC02

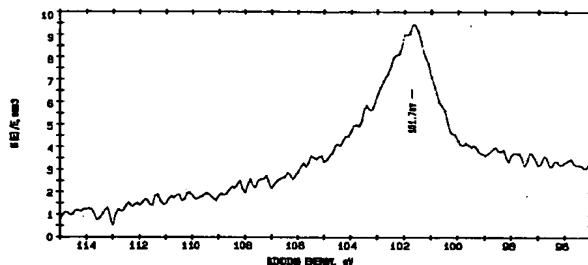
BD05 CA03

(54) 【発明の名称】 被覆切削工具

(57) 【要約】

【目的】 特に湿式切削加工においては耐熱クラック性が極めて悪く熱クラックによる皮膜破壊もしくは剥離が生じる。本発明はこうした事情に鑑み、被削材との凝着および溶着現象等に起因した摩擦抵抗の増加を抑制し、皮膜剥離及び熱クラックによる異常摩耗の生じることのない耐凝着皮膜を採用した被覆切削工具を提供する。

【構成】 切削工具基体に1層又は多層からなる被覆層を被覆した被覆切削工具において、該被覆層の少なくとも1層は  $(Cr_a Si_{1-a}) (N_x B_{1-x})$ 、但し  $0.7 \leq a < 1$ 、 $0.4 \leq x \leq 1$ 、で示される化学組成からなり、かつ、Siの窒化物相及び/又はBの窒化物相を含むCrSi系膜であることを特徴とする被覆切削工具。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 切削工具基体に1層又は多層からなる被覆層を被覆した被覆切削工具において、該被覆層の少なくとも1層は $(Cr_a Si_{1-a}) (N_x B_{1-x})$ 、但し $0.7 \leq a < 1$ 、 $0.4 \leq x \leq 1$ 、で示される化学組成からなり、かつ、Siの窒化物相及び／又はBの窒化物相を含むCrSi系膜であることを特徴とする被覆切削工具。

【請求項2】 請求項1に記載の被覆切削工具において、該被覆層の少なくとも1層は金属元素として少なくともTiとAlを含み、非金属元素として少なくともNを含むTiAl系膜であることを特徴とする被覆切削工具。

【請求項3】 請求項2に記載の被覆切削工具において、該TiAl系膜と該CrSi系膜の夫々の(111)面のX線回折から算出される格子定数を夫々 $d_T$ 及び $d_C$ としたとき、 $d_T/d_C$ の値が0.98以上、1.02以下であることを特徴とする被覆切削工具。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、金属材料等の切削加工に使用される被覆切削工具に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年の高効率、高精度切削においては切削工具表面に被覆する耐摩耗皮膜と被削材との凝着および溶着現象が切削性能に大きな影響を及ぼす。すなわち、現在主流のTiAlN皮膜など、高温特性および耐アブレッシブ摩耗性を追求した高硬度皮膜においては被削材との凝着および溶着現象等に起因した摩擦抵抗の増加により、十分な切削寿命が得られないばかりでなく、切削加工面のむしれ現象により、加工精度を劣化させたりなどの課題がある。ところで、金型などの表面処理ではCrN皮膜が摺動特性および被処理物との親和性に優れ、結果として潤滑作用を有し優れた特性を示すことが知られる。そこで、前記課題を解決する試みとして、このCrN皮膜の潤滑性を切削工具に応用した事例が特開平11-156992号、特表平11-505573号に開示されている。また、BNを混在させCrN皮膜の耐摩耗性を改善した例として特開平7-150337号がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしCrN皮膜は皮膜硬度が十分ではなく、皮膜中に残留する圧縮応力も極めて低いことより、過酷な切削環境下においては耐摩耗性が十分ではなく、また熱クラックによる皮膜剥離が生じてしまう。特に湿式切削加工においては耐熱クラック性が極めて悪く熱クラックによる皮膜破壊もしくは剥離が生じる。本発明はこうした事情に鑑み、被削材との凝着および溶着現象等に起因した摩擦抵抗の増加を抑制し、皮膜剥離及び熱クラックによる異常摩耗の生じるこ

とのない耐凝着皮膜を採用した被覆切削工具を提供することを課題とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、切削工具基体に1層又は多層からなる被覆層を被覆した被覆切削工具において、該被覆層の少なくとも1層は $(Cr_a Si_{1-a}) (N_x B_{1-x})$ 、但し $0.7 \leq a < 1$ 、 $0.4 \leq x \leq 1$ 、で示される化学組成からなり、かつ、Siの窒化物相及び／又はBの窒化物相を含むCrSi系膜であることを特徴とする被覆切削工具である。

## 【0005】

【発明の実施の形態】このような構成を採用することで、高速切削加工などの過酷な切削環境下においても皮膜剥離を生ずることなく切削工具の性能が極めて良好となり、被加工物の精度が著しく向上することが判明し、従来技術の課題を解決するに至った。CrSi系膜のCr窒化物への適量の添加元素は、優れた性能を発揮するものの、Cr含有量が金属成分の原子比率で70at%未満となる場合には、切削特性が十分に得られないばかりでなく、Cr窒化物中にSiまたはBが過度に固溶してしまい、皮膜が非常に脆くなり耐凝着性能が低下する。このことより、CrSi系膜へのSiの添加は30at%以下とする必要がある。また、Cr窒化物中へのBの添加量は低摩擦化および耐摩耗性の観点から、非金属成分の60at%以下とする必要がある。なお、本明細書ではBを非金属成分として扱う。

【0006】Cr窒化物の耐摩耗性および耐熱クラック性を改善する手段として、Cr窒化物中にSiおよび／またはBを添加し、Cr窒化物中にSi窒化物またはBの窒化物相を介在させることが極めて有効である。本発明に係るCrSi系膜を透過電子顕微鏡により詳細に観察した結果、このSiの窒化物相またはBの窒化物相は20nm程度のナノ結晶であり、fcc構造を有し柱状に成長するCrN相内にこのナノ結晶が分散したものであることを確認した。このナノ結晶が格子歪を発生し分散強化機構により、皮膜中の残留圧縮応力を適度に上昇させ、耐凝着性を劣化させることなく皮膜を高硬度化し耐摩耗性の著しい改善が成されたものと考えられる。更に、この適度な残留圧縮応力は、湿式切削加工における熱クラックの抑制、更には高速切削加工などのより過酷な切削環境化においても効果的に作用する為、安定した切削を可能にする。特にSiの窒化物相の介在は湿式切削における改善に大きく寄与している。更に、Bの窒化物はCr窒化物の更なる低摩擦化に寄与し、切削加工面のむしれ現象または被加工物の再付着を抑制し加工面を著しく改善するに至った。

【0007】上記CrSi系膜は、静的および動的条件下において優れた密着性、低摩擦を有すものの、調質材など高硬度を有する被削材に対しては単一皮膜では十分な切削性能を示さない場合がある。そこで、優れた耐摩

耗性、耐酸化性を有する膜を併用する必要があるが、この膜として最適なのは、金属元素として少なくともTiとAlを含み、非金属元素として少なくともNを含むTiAl系膜である。これを採用することで、高速切削に対応する被覆切削工具を得ることが可能となる。TiAl系膜とCrSi系膜を交互に、それぞれ1層以上積層する事により、高速切削に対応する被覆切削工具を得ることが可能となる。TiAl系膜は耐酸化性と耐摩耗性をバランス良く有するばかりでなく、請求項3記載の密着性改善方法によりCrSi系膜との密着性が特に優れるため、CrSi系膜の特性を補完し、その性能を最大限に発揮させるものである。このときCrSi系膜は硬質皮膜の最上層に有ることが好ましいが、必ずしも最上層でなくとも、その効果を十分に発揮するものである。

【0008】さらに、該TiAl系膜と該CrSi系膜の夫々の(111)面のX線回折から算出される格子定数の比の値を0.98乃至1.02とすることで、CrSi系膜とTiAl系膜の原子間での格子不整合が低減し、その結果、著しい密着性の向上を示す。この値はTiAl系膜の(111)面より算出される格子定数を、通常はその直上に成膜されるCrSi系膜の(111)面より算出される格子定数で除した値である。より具体的には、TiAl系膜とCrSi系膜の(111)面から算出される格子定数がそれぞれ0.412nm乃至0.420nmの範囲内であれば上記格子定数の比の値が満足され、このことが、CrSi系膜とTiAl系膜の原子間での格子不整合を低減し、TiAl系膜とCrSi系膜の膜界面強度が著しく向上し、界面剥離が生じなくなり、その結果、著しい密着性の向上を示すものとなった。この格子定数の調整方法としても成膜条件に大きく依存するため、目的とした格子定数となるように適宜調整する必要がある。主に影響的なパラメータとしてはバイアス電圧であるがTiAl系膜の直上には比較的エネルギーの低い側が好ましい。より具体的にはバイアス電圧が-30~-200Vが良い。即ち、成膜過程における膜種の切り替え前後においてこのバイアスを適用することにより高密着が得られる。

【0009】本発明におけるCrSi系膜は上述の如く単独で使用しても工具として十分な性能を発揮しない場合があるため、耐摩耗性、耐酸化性を補う膜を別途設け、併用する必要がある。現時点ではこの膜として公知のTiAl系膜が最適と思われるので、以下ではこれを用いて説明するが、本願の請求項1に係る発明の実施においては必ずしもTiAl系膜を併用する必要はない。

【0010】

【実施例】本発明に係る前記CrSi系膜を基体表面に形成する方法としては、イオンプレーティング法やスパッタリング法等に代表されるPVD法が挙げられるが、例えばアークイオンプレーティング法による成膜においては以下による方法を用いれば良い。まず炉内を3×1

0<sup>5</sup>Paまで真空排気を行った後にArによる基体の清浄化および活性化を行う。その後、アーク放電により蒸発源であるカソードからイオン化させたCr、SiおよびBをN<sub>2</sub>雰囲気中でイオンプレーティングすることによって得られる。更に目的とする皮膜組成に応じて組成を調整したターゲットを使用すれば、目的の皮膜組成が安定して得らる。

【0011】本発明において極めて重要であるSi窒化物相またはBの窒化物相が分散したCrSi系膜の形成は、成膜時の被覆条件に大きく依存する。即ち、皮膜形成に関与するイオンが放出するエネルギー（以下、イオンエネルギーと言う。）がきわめて重要であると本発明者は考える。被覆時におけるイオンエネルギーの大小は基体に印可するバイアス電圧に依存するので、本発明ではバイアス電圧の設定が重要である。すなわち、比較的低バイアス電圧の-50Vの場合には、Cr窒化物のfcc構造におけるCr原子が、Si原子またはB原子と置換し、Cr窒化物中に独立したSi窒化物相およびB窒化物相は確認されなかった。すなわち、Cr窒化物中にSiの窒化物相およびBの窒化物相を介在せしめるためには極めて高いイオンエネルギーで成膜する必要がある。イオンエネルギーは反応容器内圧力、イオン種などにも依存するが、これらは目的とする被膜組成やイオン源の性能によって制約を受けるため、変化させる余地が少ない。よって、イオンエネルギーを高める手段としてはバイアス電圧が最も効果的なパラメータであり、-200~-500V程度が好ましく、この範囲内であればSi窒化物相またはBの窒化物相がナノ単位で分散した極めて優れた特性を示すCrSi系膜が得られ易い。そのほか、イオンエネルギーを高める手段として雰囲気中に酸素など活性な気体成分を微量添加し、アーク放電中のプラズマを活性化することも有効な手段である。

【0012】図1~図3にX線光電子分光法により該CrSi系膜内部に存在する化合物の結合エネルギーを測定した結果を示す。図1はNの1S軌道における結合エネルギーを示したものであるがCrNより構成される窒化物が存在することを示すものである。図2はSiの2P軌道における結合エネルギーを示したものであるがSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の結合が確認される。図3はBの1S軌道の結合エネルギーを示したものであるがBNの結合が確認される。尚、当該ピークが表す結合エネルギーは図中に示した。図1~図3より、該CrSi系膜内にはSiの窒化物およびBの窒化物相の結合が存在することが明らかである。即ち、Cr窒化物、Si窒化物、B窒化物の結合エネルギーが確認され、Cr窒化物中にSiおよびBが窒化物として存在することが明らかとなった。

【0013】バイアス電圧を高くすると基体温度も上昇する傾向がある。基体材質の要求から温度が制限される場合は基体の冷却手段が必要となる場合がある。また、基体温度によってSi窒化物相、Bの窒化物相の生成量

が変化する。本発明者の研究によれば温度の上昇と共に生成量は減少し、700℃以上ではSi窒化物相、Bの窒化物相が検出できない場合もあった。よって、好ましい基体温度は500℃以下、より好ましくは350℃以下であると考え。本発明の被覆切削工具は、その被覆方法については、特に限定されるものではないが、被覆母材への熱影響、工具の疲労強度、皮膜の密着性を考慮した場合、比較的低温で被覆でき、被覆した皮膜に圧縮応力が残留し、密着性の優れるアーク放電方式イオンブレーティング等の被覆基体側にバイアス電圧を印加する物理蒸着法であることが望ましい。以下、本発明を実施例に基づいて説明する。

**【0014】**

【実施例】アークイオンブレーティング装置を用い、金属成分の蒸発源である各種合金製ターゲット、ならびに

反応ガスであるN<sub>2</sub> ガスを用い、被覆基体温度400℃とし、反応ガス圧力を $1 \times 10^{-1} \sim 7 \times 10^0$  Paおよびバイアス電圧を-30~-500 Vの条件下で目的の皮膜が成膜されるよう適宜調整した。被覆基体には外径10mmの超硬合金製2枚刃スケアエンドミル、R5mmの超硬合金製2枚刃ボールエンドミルを用い、全皮膜の厚みが4乃至は5μmとなるように成膜した。成膜順序は先ずTiAl系膜を2.5μm、次にCrSi系膜を1.5μm成膜した。各試料のCrSi系膜およびTiAl系膜の組成、CrSi系膜内に含有される窒化物および窒硼化物、またTiAl系膜およびCrSi系膜の(111)面から算出される格子定数およびその比の値を表1に示す。

**【0015】****【表1】**

試料 番号	TiAl 系膜 組成 (原子比)	CrSi 系膜		TiAl 系膜 格子定数 $d_T$ (nm)	CrSi 系膜 格子定数 $d_C$ (nm)	$d_T/d_C$	スケア エンドミル		ボール エンドミル
		組成 (原子比)	介在 化合物				切削長 ( $\mu$ m)	切削長 ( $\mu$ m)	
1	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>88</sub> Si <sub>2</sub> )(N <sub>80</sub> B <sub>20</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.417	0.415	1.005	90	255	
2	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>95</sub> Si <sub>5</sub> )(N <sub>100</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.416	0.414	1.005	82	225	
3	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>99.6</sub> Si <sub>0.4</sub> )(N <sub>70</sub> B <sub>30</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.417	0.416	1.002	91	248	
4	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> )(N <sub>97</sub> B <sub>3</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.417	0.417	1.000	93	256	
5	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> )(N <sub>50</sub> B <sub>50</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.417	0.416	1.002	81	238	
6	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>90</sub> Si <sub>10</sub> )(N <sub>90</sub> B <sub>10</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.416	0.414	1.005	80	230	
7	(Ti <sub>38</sub> Al <sub>62</sub> )N	(Cr <sub>97</sub> Si <sub>3</sub> )(N <sub>80</sub> B <sub>20</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.414	0.416	0.995	96	260	
8	(Ti <sub>31</sub> Al <sub>69</sub> Nb <sub>0.1</sub> )N	(Cr <sub>96</sub> Si <sub>4</sub> )(N <sub>85</sub> B <sub>15</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.413	0.415	0.995	95	256	
9	(Ti <sub>31</sub> Al <sub>69</sub> Y <sub>0.1</sub> )N	(Cr <sub>95</sub> Si <sub>5</sub> )(N <sub>90</sub> B <sub>10</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.415	0.416	0.998	94	248	
10	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>98</sub> Si <sub>2</sub> )(N <sub>97</sub> B <sub>3</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.424	0.411	1.032	71	176	
11	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>50</sub> Si <sub>50</sub> )(N <sub>100</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.417	0.412	1.012	欠損	異常摩耗	
12	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>88</sub> Si <sub>12</sub> )(N <sub>90</sub> B <sub>10</sub> )	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , BN	0.416	0.412	1.010	欠損	異常摩耗	
13	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>78</sub> Si <sub>22</sub> )(N <sub>60</sub> B <sub>40</sub> )	—	0.416	0.413	1.007	66	155	
14	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Cr <sub>100</sub> )(N <sub>100</sub> )	—	—	—	—	68	剥離 クラック	
15	(Ti <sub>100</sub> )(N)	—	—	—	—	—	32	89	
16	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	(Ti <sub>100</sub> )(CN)	—	—	—	—	55	132	
17	(Ti <sub>100</sub> )(CN)	—	—	—	—	—	48	112	
18	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	—	—	—	—	—	52	剥離	
19	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	MoS(ス/ハッタ)	—	—	—	—	剥離	剥離	
20	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	WC/C(ス/ハッタ)	—	—	—	—	剥離	剥離	
21	(Ti <sub>50</sub> Al <sub>50</sub> )N	DLC(ス/ハッタ)	—	—	—	—	剥離	剥離	36

【0016】また、比較例の成膜条件においても表1に記載した組成および格子定数になるよう調整した。なお表1において、組成の表示は金属成分、非金属成分を夫々合わせて100となるよう、原子比で表記したが、これは金属成分と非金属成分の原子比が1:1であることを意味するものではない。得られた被覆エンドミルを用い切削試験を行った。工具寿命は刃先の欠けないしは摩耗等により工具が切削不能または、切削した加工面の精度が著しく劣化した時の切削長とした。切削諸元を次に示す。

【0017】2枚刃超硬合金製スケアエンドミルの切削諸元は、側面切削、ダウンカット、被削材S50C(HB220)、切り込み量Ad10mm×Rd1mm、切削速度250m/min、送り0.06mm/刃、エアブロー使用、とした。

【0018】2枚刃超硬合金製ボールエンドミルの切削諸元は、ダウンカット、被削材S50C(HB220)、切り込み量Ad0.2mm×Pick Feed0.2mm、回転数10000min<sup>-1</sup>、テーブル送り量4000mm/min、水溶性切削液使用、とし

た。

【0019】本発明例2はCrSi系膜にBが未添加の場合であるが、比較例11に比して切削長が長い。本発明例3はSiが0.5原子%と極微量ではあるが、比較例14に対して優れた切削性能を示すことが分かる。本発明例5はBを50原子%添加したものであるが、Bの添加量を多くするに従い切削長は同等であるが、70原子%とした比較例12では欠損が生じた。本発明例6はSiを20原子%添加したものであるが、本発明例に比して寿命が長い。本発明例8、9はTiAlN膜にNb、またはYを添加した場合の本発明例であるが、本発明例に比して優れた切削性能が得られた。本発明例10はTiAl系膜の(111)面から算出される格子定数をCrSi系膜の(111)面から算出される格子定数で除した値が0.98至る1.02の範囲外であり、CrSi系膜の皮膜組成及び検出化合物は本発明範囲内である場合の皮膜例を示すが、本発明例試料番号1~9に比べて幾分切削長が短くなって入るものの従来の皮膜に比べては格段に長い切削長が得られた。

【0020】以上より、本発明例1~10は、切削時の摩擦に対する抵抗を著しく低減し、硬質皮膜との密着力、硬さと靱性のバランスを考慮したCrSi系膜およびTiAl系膜を併用しているので、凝着や溶着現象に起因した異常摩耗が進行することなく、また熱クラックに対しても優れた特性を示し、総合して工具寿命が著しく向上し、また凝着や溶着現象による切削加工面の加工精度の劣化を抑制し従来の課題を大きく改善するに至った。本発明の皮膜はボールエンドミル、特に湿式で用いるボールエンドミルに好適である。種々ある切削工具の中でも断続性が強くかつ微小な取り代で仕上げ加工が行われ、被加工物の仕上げ精度が要求されるボールエンドミルにおいては、工具表面への凝着および溶着等および切削時の熱クラックなどに切削性能が大きく左右され

る。また、ボールエンドミルなどの連続的に切削速度の変化する形状においては、この切削時の熱クラックに加えて、切削速度ゼロ付近では切削取りしろも微小となり摺動特性をも要求される。以上の如く、これらの特性はエンドミルにおいて特に要求される特性であることが明らかである。

【0021】これらに対し、比較例11、12は、CrSi系膜内のSiおよびBの添加量が請求範囲よりも多い場合であり、耐凝着性及び耐溶着性が十分ではなく、凝着による異常摩耗が発生した。比較例13は本請求範囲内の皮膜組成及びCrSi系膜、TiAl系膜の格子定数の比であるが、CrSi系膜内にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、BNの化合物が介在しない場合の比較例であり本発明例に比して寿命が短い。比較例14は、Crに元素を添加しない場合であるが熱クラックによる皮膜剥離が発生し十分な特性が発揮できない。比較例、15、16、17、18、19、20、21は、従来までの硬質皮膜における切削性能を示すが、何れも本発明例に比較して著しく劣る結果となった。

【0022】

【発明の効果】以上の如く、本発明の被覆切削工具は、従来までの被覆切削工具に比べ優れた密着性、低摩擦を有することから、更なる高速切削加工において格段に長い工具寿命が得られ、切削加工における生産性の向上に極めて有効である。

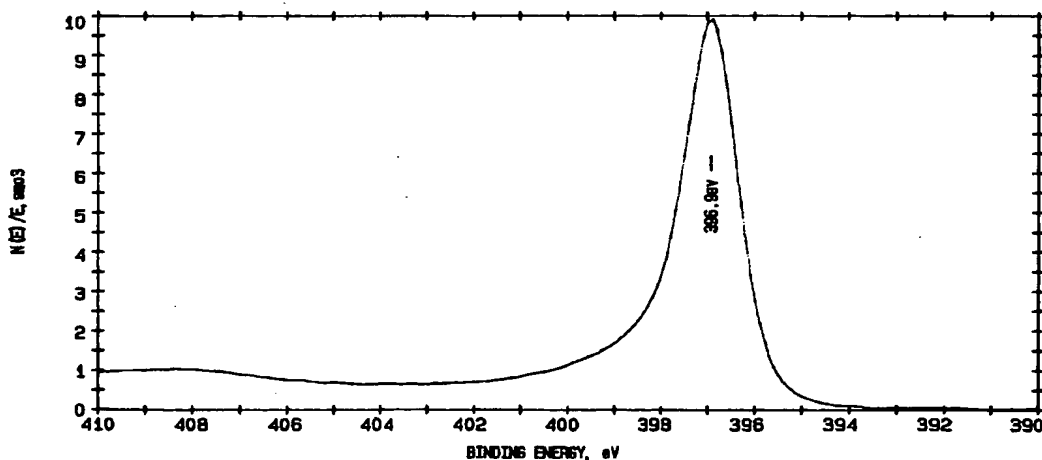
【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、CrSi系膜中のCrNの結合エネルギーを表すX線光電子分光スペクトルを示す。

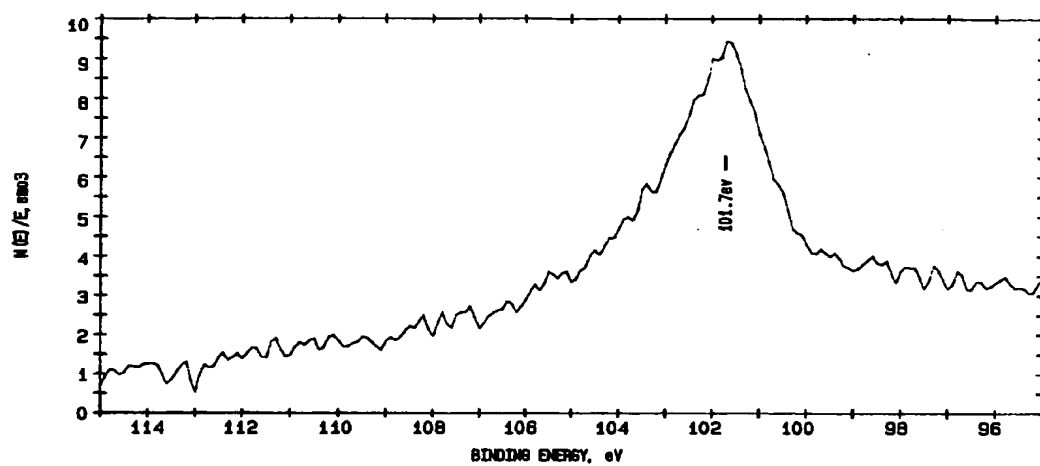
【図2】図2は、CrSi系膜中のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の結合エネルギーを表すX線光電子分光スペクトルを示す。

【図3】図3は、CrSi系膜中のBNの結合エネルギーを表すX線光電子分光スペクトルを示す。

【図1】



【図2】



【図3】

